

통신 네트워크 기반의 맥동 부하용 SPMS에 관한 연구

오진석*

Research on SPMS for Pulsating Load based on Communication Network

Jin Seok Oh*

Division of Marine Engineering Korea Maritime and Ocean University, Busan, 606-791, Korea

요 약

CN(Communication Network)기반의 선박 전력관리 시스템은 선박의 안정적인 항해를 위한 가장 중요한 필수요소이다. 따라서 대부분의 선박은 안전을 목적으로 맥동 부하에 대응하기 위해 필요 용량보다 더 큰 용량의 발전기를 설치한다. 하지만 이러한 비교적 큰 용량의 발전기는 낮은 전력부하에서 발전기의 저부하 손실과 효율을 감소시키는 단점을 지니고 있다. 이에 따라 본 논문에서는 선박의 맥동부하를 방지하기 위한 보조전력을 적용한 하이브리드형 전력시스템을 제안하며, 전력시스템 설계를 위해 실 선박의 운항 데이터를 바탕으로 NI사의 LabVIEW를 이용하여 시뮬레이션을 진행하였다. 시뮬레이션을 통하여 안전항해를 위한 보조전력시스템과 연계한 하이브리드형 전력시스템의 적용방안을 제안한다.

ABSTRACT

Ship Power Management System(SPMS) based on Communication Network(CN) is one of the most significant factor for a safe voyage. Therefore, most of the vessels are using greater capacity generator than necessary to prevent pulsating load for safety purposes. However, It provokes low-load damage and reduces generator efficiency that using large capacity generator. Accordingly, in this paper propose hybrid power system for prevent damage of pulse load. Simulation using NI's LabVIEW was conducted for the design of the power system based on actual navigation data of the ship. Also, propose applying methods for hybrid power system in connection with the auxiliary power system for safe navigation.

키워드 : 선박전력관리시스템, 맥동부하, 보조전력시스템, 선박발전기, 배터리, 안전항해

Key word : SPMS(Ship Power Management System), Pulsating load, Auxiliary power system, Marine generator, Battery, Safety Voyage

접수일자 : 2014. 01. 16 심사완료일자 : 2014. 02. 07 게재확정일자 : 2014. 02. 21

* **Corresponding Author** Jin Seok Oh (Email : ojs@kmou.ac.kr Tel:+82-10-9668-4283)

Division of Marine Engineering, Korea Maritime and Ocean University, Busan, 606-791, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2014.18.4.927>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서론

선박은 발전기를 기반으로 독립된 전력시스템을 구성한다. 선박은 운항 특성상 외부 환경 조건 및 선박의 운항환경에 따라 선박 전력부하 계속적으로 변화하게 된다. 즉, 항해, 정박 및 입·출항 등의 환경에 따른 전력 부하 변동과 동절기, 하절기 등의 요인으로 인한 요인 등으로 인한 전력 차이가 발생한다[1,2]. 특히 입·출항 시에 자주 사용되는 선수 추진기(B/T, Bow Thruster) 및 각종 보조기기(보조 송풍기(Aux. Blower) 및 각종 펌프) 운용으로 인하여 급격한 맥동부하가 발생한다. 선박의 안전운항을 위해 전력관리는 매우 중요함에 따라 맥동부하로 인한 발전기 용량선정에 어려움이 따른다. 차세대 선박으로 주목받고 있는 전기추진 선박의 경우 운항효율 및 안전운항 측면에서 발전기 용량선정 및 전력시스템 설계는 더욱 중요하다. 여기서 맥동부하란 선박 전체 전력시스템에서 단시간에 많은 전력을 소비하는 부하로써 대표적으로 선수 추진기, 크레인, 주 운할유 펌프, 연료운송 펌프 등을 뜻한다.

본 연구에서는 비교적 입항 및 출항이 자주 발생하는 컨테이너 선박의 운항데이터를 바탕으로 LIB(Lithium-Ion Battery)를 보조 전력시스템으로 적용한 하이브리드형 선박 전력관리시스템의 안정성에 대한 연구를 하고자 한다. 컨테이너 선박의 가장 큰 맥동부하는 선수 추진기이며, 전력시스템 구성 시 선수 추진기의 운전시간, 운전 시 맥동부하의 크기, 맥동 부하 발생빈도 등 다양한 측면을 고려하고자 한다.

더불어 선박 건조과정에 탑재되는 발전기 용량을 최적으로 선정하면, 운항비 절감 및 건조비용 절감 등의 다양한 이득이 있다. 이러한 모든 것은 선박에 탑재되는 발전기 용량선정에 있어 선박의 전력시스템 안정성을 고려해야 한다. 특히, 맥동부하를 고려한 통신네트워크 기반의 전력망 및 전력관리 메커니즘(중 부하, 중요부하, 일반부하, 비 중요부하 등의 관리 포함)을 적용 대상 선박에 적합하게 구축하고자 한다.

연구결과와 활용성을 높이기 위하여 선박에 탑재되는 발전기와 보조 전력시스템을 연계한 새로운 개념의 하이브리드형 전력시스템을 제안하고, 선박의 안정성에 관하여 연구를 수행하고자 한다. 또한, 발전기 운전수량, 발전기 출력, 보조 전력시스템 출력 등을 고려하여 NI(National Instruments)사의 LabVIEW를 활용하여

다양한 시뮬레이션을 수행하고, 이를 분석하여 맥동부하에 적합한 선박용 전력시스템을 제안하고자 한다.

II. 전력관리시스템

선박전력관리시스템(SPMS, Ship Power Management System)은 선내에 안정적으로 저력을 공급하기 위해 부하 및 발전기 관리를 위해 필수적으로 필요하다[3]. 전력관리시스템은 주요 기능은 선내 정전(Black-out)현상 및 발전기 손상 방지를 위해 다중 시스템으로 다중 발전기 제어, 부하에 따른 발전기 시동/정지 제어 및 MSB(Main Switch Board) 제어 등을 수행한다. 본 연구에서는 LIB를 이용한 보조 전력시스템을 적용한 전력관리 시스템을 제안하고자 한다.

2.1. 시스템 구성

오늘날 선박용 전력시스템의 관리는 대부분 CN(Communication Network)기반으로 구성된다[4,5]. 선박용 전력시스템은 육상의 전력시스템과는 다르게 독립된 전력시스템으로 구성함에 따라 정박 시 육전(陸電) 사용을 제외한 대부분의 경우 선내 자체 발전기를 이용하여 선내에 전력을 공급한다.

CN 기반의 선박용 전력관리시스템 구성은 Fig.1과 같이 구성된다. 선박에 사용되는 CN은 RS-232C, RS-422, RS-485, CAN(Controller Area Network) 등이 활용되고 있다.

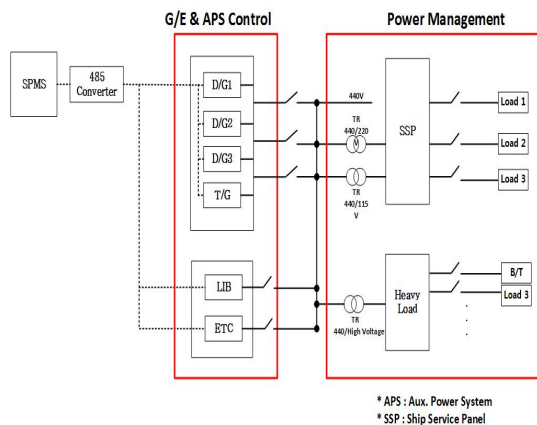


그림 1. CN 기반의 SPMS
Fig. 1 SPMS based CN

본 연구에서 선박전력관리시스템은 선수 추진기 사용으로 인한 맥동부하 발생빈도가 높은 컨테이너 선박을 대상으로 전력관리시스템을 설계하며, 이를 바탕으로 PM(Propulsion Motor)의 사용으로 맥동부하가 크고 많은 전기 추진 선박에도 적용할 수 있도록 연구를 수행하고자 한다.

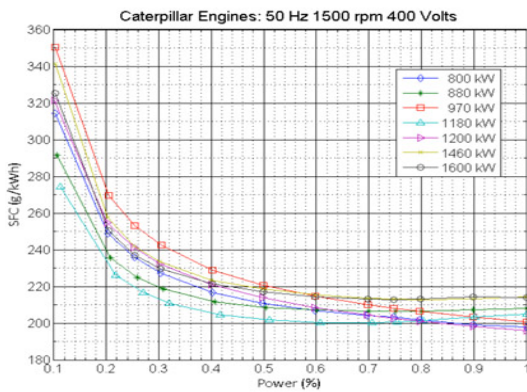


그림 2. 디젤 발전기 SFOC 곡선[6]
Fig. 2 Diesel generator SFOC Curve

선박은 독립전력체계를 가지기 때문에 안정적인 전력공급, 설계비용 및 운항비용 등을 종합적으로 검토하여 전력시스템을 설계한다. 또한, 선박은 맥동부하로 인한 갑작스런 부하에 대비하여 전력체계를 설계한다. 따라서 선박 전력체계를 설계할 때 발전기의 운용상태, 발전기 출력, 운항부하, 맥동 부하 등의 다양한 선박 운전환경을 고려하여야 한다. 발전기는 안정적이며 지속적으로 출력을 낼 수 있는 정격(rating)을 결정한다. 이러한 정격전력은 발전기의 전압, 전류, 속도 등을 고려하며, 효율저하, 불완전 연소 및 손실 등을 고려하여 결정되며, 발전기는 정격부하로 운전할 때 가장 높은 효율로 운전된다. Fig.2는 정격발전기 용량에 따른 4행정 발전기의 SFOC(Specific Fuel Oil Consumption) 곡선을 나타내며, 발전기 부하율(%)이 정격에 가까울수록 효율이 좋다는 것을 확인 할 수 있다.

2.2. 시스템 설계

선박에 설치되는 발전기의 수는 1대의 주 발전기의 고장 시에 예비 발전기의 부하담당 전력이 발전출력의 85~90[%]가 넘지 않도록 결정되어야 한다. 더불어 발

전기 수량 및 용량은 맥동부하로 인한 갑작스런 과부하 등에 대한 대비와 미래에 증가되는 부하를 고려한 부하여부(load margin)를 고려하여 선정하여야 한다. 또한, 발전기의 정격용량 선정 시 원동기(디젤기관)의 저부하 운전에 의한 손상을 방지하기 위하여 발전기의 정격출력의 50%이하로 운전되는 것을 피할 수 있도록 하여야 하며, 과부하 상태가 발생할 경우 선내 부하(비중요부하, 중요부하, 일반부하 등)제어 등이 고려되어 전력시스템이 설계되어야 한다[7].

발전기의 용량선정은 선박운항환경 및 전력부하분석(EPLA : Electric Power Load Analysis), 하여유(load margin), 비상소요전력, 예비발전기용량, 발전기 안정성(순시 및 과도 상태분석), 부하용량을 고려한 발전기 적정 운영을 및 발전기 설치 대수 등을 종합적으로 고려하여 결정한다.

일반적으로 발전기는 전력 분석결과에 따라 발전기 대당 부하율 G_{SL} 을 선정하고, 발전기 안정성에 영향을 미치는 맥동부하 소비전력을 반영하여 결정한다.

$$G_{SL} = \frac{L_{TP} - (L_{PBL} + L_{PMM})}{N_{GE}} \tag{1}$$

여기서 L_{TP} 는 맥동부하 발생순간의 발전기 총부하이고, L_{PBL} 은 맥동 기본부하, L_{PMM} 은 맥동 침투부하, N_{GE} 는 운전발전기 수량이다. 실제 발전기 출력 G_{OUT} 은 G_{SL} 에 발전기 적정 운전율 $K_{RE}(0.85\sim0.90)$ 을 고려하여 결정한다. Fig. 3은 맥동부하 사용에 따른 부하변화를 나타내었다.

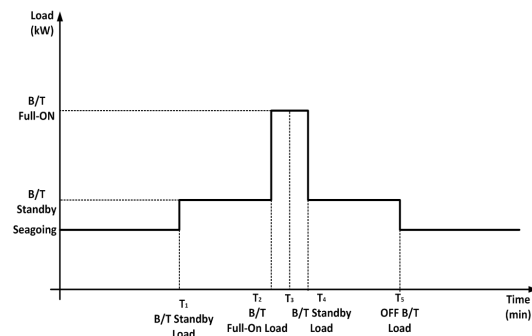


그림 3. 선박 부하 분석
Fig. 3 Ship Load Analysis

Fig.3과 같이 선박은 순항 시에 비교적 부하변동이 없는 안정된 전력을 사용하며, 입·출항 시에서 선수 추진기의 사용으로 인하여 갑작스런 맥동부하 발생으로 많은 전력을 소모하게 된다. 또한, 입·출항 시에 각종 보조기기 등으로 인하여 순항 시에 비하여 많은 전력을 필요로 하며 선수 추진기의 사용은 Fig. 3의 최대 전력소비 부분과 같이 순간적으로 많은 전력을 필요로 하게 된다. 입·출항 작업이 끝나게 되면 다시 항해 및 정박에 따라 선박의 전체 소모 전력량은 줄어들게 된다.

본 연구에서는 이러한 순간적인 맥동부하로 인하여 발생 할 수 있는 문제점으로부터 각종 장비 및 발전기를 보호하고자 LIB를 적용한 보조 전력시스템을 적용하였다.

선박의 전력시스템은 선내에 전력 안정성을 확보하기 위하여 선박 부하에 따라 발전기 용량을 설계하여야 한다. 대부분의 선박은 입·출항시의 갑작스런 맥동부하로 인한 전력문제를 해결하고자 선박 설계단계에서 발전기 출력을 높게 선정하는 경우가 많다. 이러한 높은 용량의 발전기는 운항 중 부하율 50% 이하의 저부하 운전을 하게 되며, 발전기에 좋지 않은 영향을 미치게 된다[1]. 이에 따라 발전기의 저부하 운전은 가능한 억제해야 하며, 20%이하로 운전되는 경우는 발생하지 않도록 하여야 한다. 선박의 발전기는 최대부하인 피크부하를 기준으로 발전기 용량을 선정하는 경우가 많으므로 전력 소비가 적은 일반적인 항해기간(Seagoing) 및 정박기간(Anchoring) 동안 발전기가 저부하로 운전되는 경우가 많다.

선박에 LIB를 이용한 보조전력시스템을 고려하여 발전기 용량을 선정한다면, 전력 안정성 및 펄스부하 사용에 따른 전력 품질을 향상시킬 수 있다. LIB를 고려한 발전기 대당 부하 G_{SLL} 은 식(2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$G_{SLL} = \frac{L_{TP} - (LIB + L_{PBL} + L_{PMM})}{N_{GE}} \quad (2)$$

LIB를 고려한 경우 G_{SLL} 에 발전기 적정 운전율 K_{RE} 를 고려한 발전기 출력 G_{out-L} 은 식 (3)과 같다.

$$G_{out-L} = \frac{1}{K_{RE}} G_{SLL} \quad (3)$$

또한 발전기와 LIB를 연계한 하이브리드형 전력시스템의 LIB 시스템 선정을 위하여 LIB의 충·방전율(C-Rate)이 필요하다. 충·방전율은 식 (4)와 같이 나타낸다.

$$C-Rate = \frac{\text{충·방전전류}(A)}{\text{전지의 정격용량}} \quad (4)$$

식 (4)에 나타내듯이 충·방전율은 LIB의 충전 및 방전 전류와 LIB의 정격용량에 따라 결정되며 일반적으로 충전은 0.5[C], 방전은 2~5[C] 가 된다.

III. 시뮬레이션

3.1. 시뮬레이션 조건

선박전력관리시스템의 안정성을 평가하기 위하여 안정성 시뮬레이션을 수행한다. 신뢰도 있는 시뮬레이션 진행을 위해 Table 1과 같이 실제 운항중인 선박의 운항데이터를 선박회사로부터 특성을 조사한 데이터를 활용하여 시뮬레이션을 수행하고자 한다.

시뮬레이션 과정에서 선박전력시스템의 안정성에 가장 큰 영향을 미치는 것은 순간적인 맥동부하(선수 추진기)이다. 선박 운항주기에 있어 선수 추진기는 입·출항 시에 1시간 이내로 사용되는 부하이며 발생비도 또한 낮은 부하이다. 이 부하는 다른 부하에 비하여 매우 큰 전력을 소비하는 부하로 선박의 전력체계 안정성을 위해 선박의 설계과정에 있어 발전기 용량을 선정하는 근거가 된다. 따라서 맥동부하로 인한 선박 전력의 안정성을 갖추기 위해 추가적인 발전기 설치를 통하여 해결하고 있다. 이러한 설계는 선박 건조비용 및 운항비 등의 다양한 문제점을 야기한다. 이에 따라 문제점을 해결하기 위해 LIB를 이용한 보조전력체계를 연동하여 전력체계 안정화를 달성하고자 한다. 본 연구에서 이러한 문제점을 해결하기 위하여 LIB를 고려한 선박전력시스템 설계와 관련된 시뮬레이션을 수행하여 연구내용의 신뢰도를 확보하고자 한다.

표 1. 선박 운영 전력 상태 (선박회사 실 운항 자료)

Table. 1 Vessel Operated Power Status(Shipping company actual operating data)

BOW S/B전 G/E 운전대수 ×부하	B/T S/B시간× G/E 운전대수 ×부하	B/T 사용범위, G/E 총부하	비 고
1대 × 880 KW	2시간 × 3대 × 490 KW	FULL, 1460 KW ~2380 KW	B/T 2000 kW Generator 3300 kW
1대 × 974 KW	13 시간 × 3대 × 400 KW	FULL, 1410 KW ~2895 KW	
1대 × 1126 KW	2시간 × 3대 × 520 KW	FULL, 1539 KW ~3250 KW	
1대 × 1090 KW	1.5시간 × 3대 × 540 KW	FULL, 1630 KW ~3350 KW	
1대 × 930 KW	1.5시간 × 3대 × 430 KW	FULL, 1303 KW ~3100 KW	
1대 × 990 KW	3 시간 × 3대 × 427 KW	FULL, 1413 KW ~3020 KW	
2대 × 1150 KW	0.8시간 × 3대 × 933 KW	FULL, 5000 KW	B/T 3000 kW Generator 1700 kW
2대 × 1110 KW	0.8시간 × 3대 × 900 KW	FULL, 5250 KW	
1대 × 1530 KW	0.8시간 × 3대 × 667 KW	FULL, 4100 KW	
1대 × 1800 KW	1.0시간 × 3대 × 733 KW	FULL, 4500 KW	
2대 × 1380 KW	0.4시간 × 3대 × 1000 KW	FULL, 5100 KW	
2대 × 1350 KW	0.8시간 × 3대 × 983 KW	HALF, 4200 KW	

시뮬레이션에 적용된 컨테이너 선박의 소비 평균전력은 선박 A의 경우 최소부하가 880 kW, 최대부하는 3,350 kW로 측정되었으며, 선박 B는 최소부하가 1,530 kW, 최대부하는 5,250 kW로 측정되었다.

컨테이너 선박의 운행기간 중 최소전력을 소비하는 구간은 항해(Seagoing)이며 선박에 탑재되어 있는 냉동 컨테이너(reefer container) 수량에 가장 영향을 많이 받았다. 반대로 최대전력 소비 구간은 입·출항 구간이었으며 입·출항 시 사용되는 보조기기 및 선수 추진기의 영향이 매우 컸다. 그 중 전력 소비량에 가장 많은 영향을 끼치는 장비는 선수 추진기임이 확인되었다. 이러한 선박의 전력분석 데이터(최소 및 최대부하)는 선박 설계과정에 있어 발전기 용량 및 설치대수를 선정하는 기준이 되며, 발전기의 저부하 운전을 방지하며 맥동부하에 대응하기 위한 전력시스템이 설계된다. 또한 선박의 공간과 비용이 함께 고려되어 설계가 진행된다.

3.2. 시뮬레이션

시뮬레이션은 NI사의 LabVIEW 프로그램을 이용하여 진행하였다. 시뮬레이션의 조건은 다음과 같다.

- 발전기 1대의 정격전력의 50% 출력은 선박 운항 중 최소 전력 이하여야 한다.
- 선박에 설치되는 발전기 수는 선박 운영적 측면과 설치 공간 및 건조비용의 문제로 인하여 5대 미만여야 한다.
- 발전기의 정격전력은 선박에 필요한 전력에 발전기 전력여유분을 고려하여 적용하여야 한다.

위 조건을 만족하는 선박 발전기 및 LIB 필요 출력을 선정하는 시뮬레이션의 블록 다이어그램은 Fig. 4와 같다.

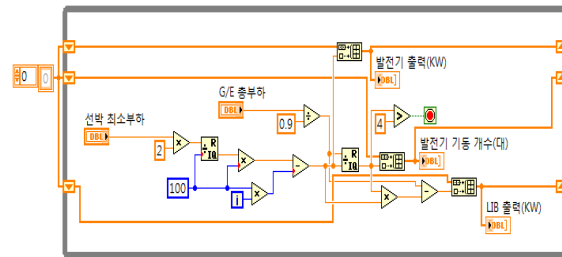


그림 4. 시뮬레이션 블록 다이어그램
Fig. 4 Simulation Block Diagram

LIB를 적용함으로써 맥동부하에 대한 선박 전체 전력안정성을 높임으로 인하여 기존의 설치되는 발전기 용량에 비하여 낮은 발전기 용량을 적용하므로 발전기 최대 용량이 발전기 1대를 기동하였을 때 선박의 최소 부하가 발전기 정격용량의 50%이하가 되지 않는 발전기 용량을 선정하였다. 또한 발전기의 출력을 변화시켜 가며 발전기의 총 대수가 5대 이상이 되지 않는 범위에서 필요한 이차전지 출력을 산출하였다.

3.3. 시뮬레이션 결과 및 분석

시뮬레이션에 실제 선박 운항 전력 자료를 활용하여 발전기 용량을 재선정함에 따른 LIB 필요출력 및 발전기 설치대수를 Fig. 5와 Fig.6으로 나타내었다. Fig.5는 선박 A에 대한 시뮬레이션 결과이며, Fig. 6은 선박 B에 대한 시뮬레이션 결과이다.

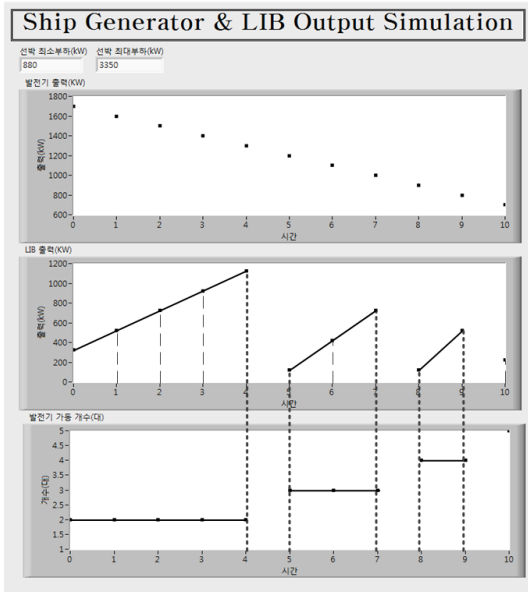


그림 5. 선박A 시뮬레이션 결과
Fig. 5 Vessel A Simulation Result

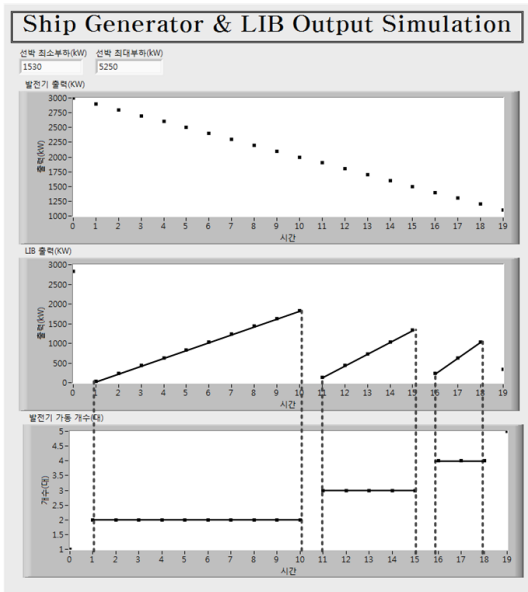


그림 6. 선박B 시뮬레이션 결과
Fig. 6 Vessel B Simulation Result

시뮬레이션 결과의 첫 번째 그래프는 발전기 대당 출력을 나타내며, 두 번째 그래프는 발전기 출력에 따른 안정적인 전력공급을 위한 LIB 출력을 나타낸다. 세 번

째 그래프는 발전기 출력과 LIB 출력에 따른 필요 발전기 설치 대수이다. 시뮬레이션 결과 발전기의 정격 출력이 낮을수록 선박 저부하 구간에서 발전기 운전효율이 높아짐에 따라 발전기의 운전효율이 좋아지고 선박의 유지비용이 줄어들게 됨을 확인하였다. 그러나 선박 내 발전기 설치 대수가 증가하여 공간적인 문제가 발생할 수 있으며, 발전기 용량 부족으로 인한 맥동부하에 대한 여유 전력이 부족하여 LIB의 필요 출력량이 증가하게 된다. 반대로 발전기 용량이 충분히 클 경우 선박에 필요한 발전기 설치대수가 줄어든다는 장점과 LIB 출력이 작아도 되는 장점이 있으나, 저부하 구간 즉, 항해(Seagoing) 시 발전기 저부하 운전으로 인한 효율 감소, 비 운영비 증가 등의 단점이 있다. 그러므로 안전운항 및 선내 발전효율을 높이기 위해 선박용 전력관리시스템 설계 시 적절한 발전기 선정과 LIB를 선정하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

IV. 결과 및 고찰

컨테이너 선박은 맥동부하에 대비하여 안정적인 운항을 위해 높은 용량의 발전기를 탑재하고 있다. 이에 따라 선박 전체 전력 발전효율을 감소시키고, 저부하에 따른 문제를 야기할 뿐만 아니라 선박 건조시 많은 건조비 상승과 선내 발전기가 차지하는 공간비율이 커짐으로써 화물 적재량이 줄어들어 직, 간접적으로 손해를 야기하고 있다. 이에 따라 LIB를 보조전력으로 사용하는 전력시스템을 컨테이너 선박에 적용하여 안정적성을 확보하기 위한 발전기 용량 및 수량을 도출하였다.

대형선박에 대한 이차전지 적용에 대한 연구는 실 운항데이터 확보 및 적용의 어려움으로 인해 연구의 적용이 어려운 상태이다. 본 연구에서는 선박에 필요한 전력시스템을 실제 운항 중인 선박의 부하특성을 분석 및 반영하여 발전기 출력과 연계한 LIB 출력을 산출하였다. 이에 따라 선박의 보조전력시스템으로 LIB 적용 가능성을 확인하였다.

이러한 LIB 출력은 각 선박의 특성마다 차이가 나므로 각 선박 운항 및 전력특성에 적합한 전력시스템의 출력 선정이 필요할 것으로 판단된다. 또한 시스템 운항 유지비 및 건조비 등을 적용하여 전력시스템을 선정하여야 한다.

향후 LIB를 연계한 하이브리드형 선박용 전력시스템의 연동특성 및 변환특성 등에 관련된 연구에 대한 수행이 추가적으로 필요하며, 더불어 선박운항 특성에 적합한 LIB 용량산정에 대한 연구가 필요하다.

REFERENCES

- [1] Jin Seok Oh and Hun Seok Lee, "A Study on Appropriate Ship Power System for Pulse Load Combine with Secondary Battery", *KIICE*, Vol. 37, No. 8, November 2013.
- [2] J. Daniel, "Integrated Power System Modeling and Simulation", *Electric ship Technologies Symposium*, pp.90-95, 2011.
- [3] Dair Radan, et al., "Reducing Power Load Fluctuations on Ship Using Power Redistribution Control", *Marine Technology*, Vol. 45, No. 3, pp. 162-174, July 2008.
- [4] QIAN Mei, WU Zheng-guo, HAN jiang-gui, "Real-time Simulation and Analyses of Ship Energy Management System Network" *ELSEVIER*, pp. 1972-1978, 2012.
- [5] Gayathri Seenumani, Jing Sun and Huei Peng, "Real-Time Power Management of Integrated Power Systems in All Electric Ships Leveraging Multi Time Scale Property", *IEEE Transactions on Control System Technology*, Vol. 20, No. 1, pp. 232-240, January 2012.
- [6] The University of Texas, Center for Electrotechnics, Diesel Generator Set Optimization for Marine Transportation, [Internet]. Available: : http://www.utexas.edu/rese-arch/cem/Green_ship_pages/Diesel_generator_set.html
- [7] J.D Kim, G.S Jung, J.E Lee, Y.H Song, C.H Jung and J.S Choi, "Low load operation of marine auxiliary diesel engines", *Journal of the Korea Society of Marine Engineering*, 2010 spring processing, pp. 189-190, 2010.



오진석(Jin Seok Oh)

1996.02 한국해양대학교 전기제어 박사
 2009.02 일본 큐슈대학 에너지설계 박사
 1996.04 ~ 현재 한국해양대학교 교수
 2009.03 ~ 현재 한국해양대학교 산학연 ETRS 센터 소장